

УДК 007.52

**В.А. Мажара, ст. викл., канд. техн. наук, І.І. Павленко, проф., д – р техн. наук**  
*Кіровоградський національний технічний університет*

## Дослідження умов зміни захватів місцями в робочій зоні верстату

В даній статті запропоновано використання розрахунково-компонувальних схем роботизованих комплексів, на основі яких можна визначити дійсну величину часу обслуговування роботом технологічного обладнання. Також, проаналізовано умови зміни захватів місцями в робочій зоні верстату та визначені формули для розрахунку необхідної величини вільності простору в різних напрямках. **двозахватний промисловий робот, зміна захватів місцями, роботизований комплекс, двозахватні пристрої, продуктивність**

Автоматизація вважається головним, найбільш перспективним напрямком в розвитку промислового виробництва. Завдяки звільненню людини від безпосередньої участі у виробничих процесах, а також високій концентрації основних операцій значно поліпшуються умови праці і економічні показники виробництва.

Продуктивність роботи робототехнологічного комплексу в значній мірі залежить від часу простоювання верстату (неперекритого часу роботи промислового робота). На цей час впливає і можливість зміни захватів місцями безпосередньо в робочій зоні верстату. Обмеження зазначеної зони затискним пристроєм, задньою стінкою, напрямними та інструментальною головкою, ускладнюють протікання даного процесу, тож аналіз даної можливості є актуальною проблемою, вирішення якої може підвищити продуктивність роботи гнучких модулів.

При визначенні штучного часу обробки деталі на роботизованих комплексах (РТК) є величини, що характеризують технологічну операцію та особливості виконання верстату (основний час, час на відкриття загорожі, час на затиск деталі, тощо). У сукупності вони складають неперикритий час роботи. Час переміщення ріжучого інструменту ( $t_{pi}$ ) для утворення зони зміни захватів місцями залежить як від розмірів деталі, що встановлюється на верстат, так і особливостей конструктивного виконання робота і його функціонування в циклі. Час роботи промислового робота по обслуговуванню верстату ( $t_{p(в)}$ ) залежить від особливостей виконання РТК, а тому в сукупності з  $t_{pi}$  будуть суттєво впливати на продуктивність комплексу, оскільки ці складові збільшують неперекритий час роботи промислового робота.

Першим кроком у вирішенні поставленої задачі має бути розгляд траєкторії (циклограми) руху і загальної формули складових часу роботи промислового робота на робочій позиції верстату при використанні різних типів захватних пристроїв.

Схема здійснення цього процесу при використанні токарного верстату та порталного промислового робота наведена на рис. 1, а, а траєкторія рухів, що здійснюються захватами, на рис. 1, б. Згідно з цими умовами формула часу роботи промислового робота (ПР) на робочій позиції верстату буде:

$$t_{p(в)} = t_{прз} + t_3 + t_{лп} + t_{ззм} + t_{лп} + t_3 + t_{врз} = t_{прз} + 2t_3 + 2t_{лп} + t_{ззм} + t_{врз}, \quad (1)$$

де  $t_{p(в)}$  – час роботи ПР на робочій позиції верстату;

$t_{прз}$  – час переміщення ПР на робочу позицію;

$t_{врз}$  – час відведення ПР з робочої позиції;

$t_3$  – час на затиск (розтиск) деталі;

$t_{лп}$  – час на локальні переміщення (введення, виведення деталі з патрону);

$t_{33M}$  – час на зміну захватів місцями.

Виконавши подібні розрахунки для інших типових варіантів двозахватних пристроїв можна провести їх порівняння і визначити оптимальне виконання двозахватного пристрою для певних умов роботи роботизованого комплексу.

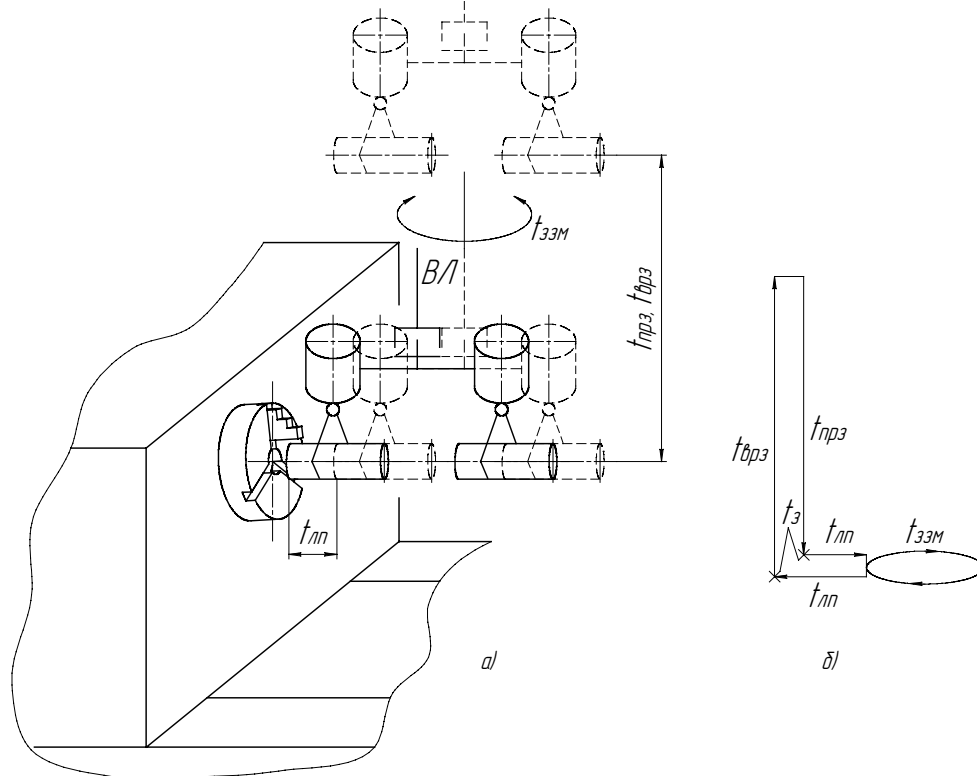


Рисунок 1 – Схема обслуговування робочої позиції верстату

Наведені дані дозволяють виконувати початковий порівняльний аналіз типових двозахватних пристроїв, які використовуються для завантаження і розвантаження верстатів зі зміною захватів місцями в робочій зоні.

У випадку, коли зміна захватів місцями проводиться за межами робочої зони верстату в циклі рухів і формулі часу додається ще два рухи на виведення і введення захватів у робочу зону, що збільшує час роботи промислового робота на позиції верстату, а відповідно і час простоювання технологічного обладнання. Більш повна оцінка може бути виконана не тільки по кількості рухів, а й по фактичному значенню часу на їх виконання.

Визначивши загальну формулу складових часу роботи промислового робота на позиції верстату, можна перейти до встановлення дійсної величини даного часу. Для цього потрібно створити більш конкретну розрахунково-компонувальну схему РТК, де будуть вказані координати розміщення транспортованих роботом деталей по усіх позиціях, та координати базових поверхонь.

Вирішення цього питання розглянуто на прикладі комплексу, який включає в себе токарний верстат і портально розміщений двозахватний промисловий робот (рис. 2, а). Заготовки та оброблені деталі розміщені на подавальному і приймальному допоміжних пристроях, що знаходяться збоку верстату. Згідно з цією схемою вибираються варіанти двозахватних робіт, для яких і визначаються формули неперекритого часу роботи ПР на робочій позиції верстату. У даних формулах величина часу залежить від величини лінійних та кутових переміщень рухомих ланок промислового робота ( $X_i$ ,  $Z_i$ ,  $\phi_i$ ) та від швидкості цих переміщень ( $V_B$ ,  $V_T$ ,  $\omega$ ).

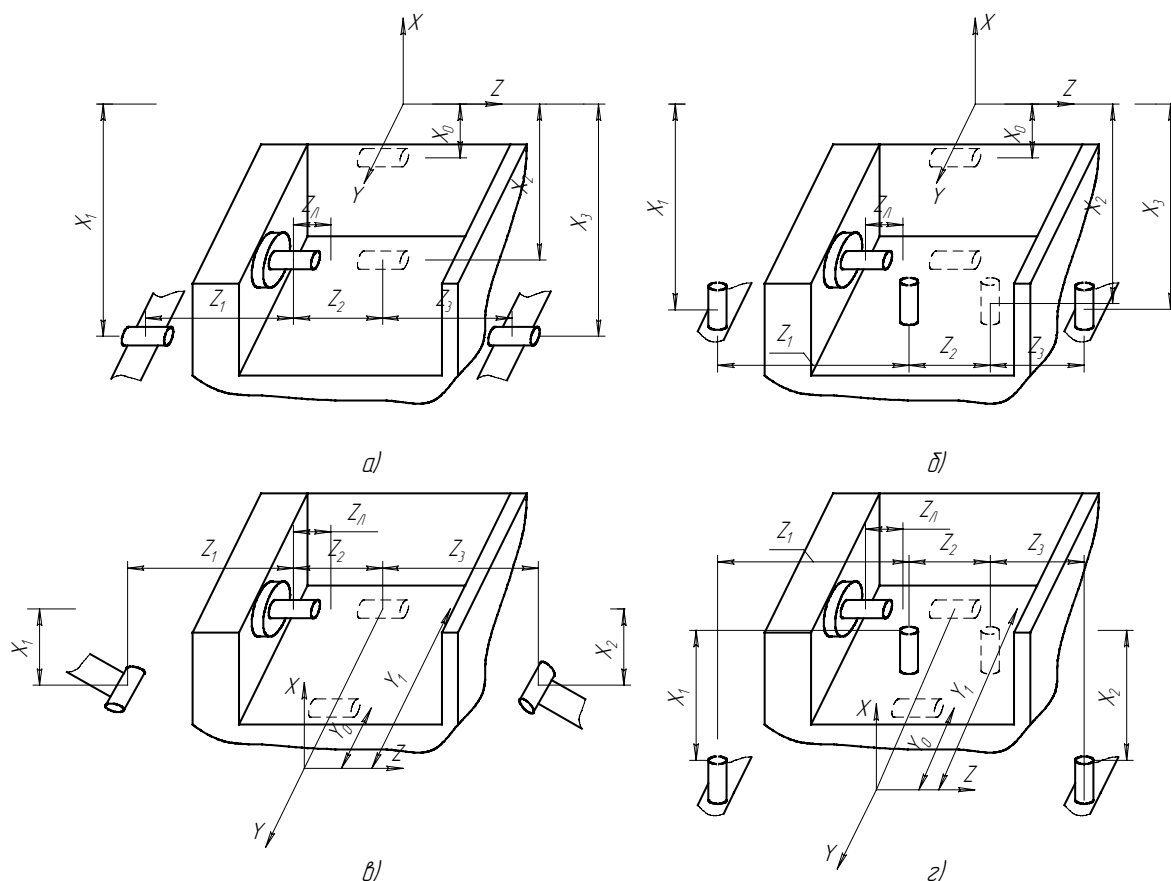


Рисунок 2 – Розрахунково-компонувальні схеми різних виконань роботизованих комплексів

Тож формула для визначення неперекритого часу для токарного РТК, що обслуговується порталним роботом з двозахватним пристроєм (рис. 1) по розрахунково – компонентній схемі (рис. 2, а) матиме вигляд:

$$t_{pn} = \frac{2(X_2 - X_0)}{V_B} + \frac{2Z_l}{V_r} + \frac{\varphi}{\omega} + t_3 + t_p, \quad (2)$$

де  $X_2, X_0$  – величини лінійних переміщень у вертикальному напрямку;

$Z_l$  – величина лінійного переміщення у горизонтальному напрямку;

$V_B, V_r$  – швидкість переміщень у вертикальному і горизонтальному напрямках;

$\varphi, \omega$  – відповідно, величина і швидкість кутових переміщень;

$t_3, t_p$  – відповідно, час на затиск і розтиск деталі.

Така формула часу роботи промислового робота на робочій позиції є мінімальною, оскільки передбачено, що захвати вже займають найбільш доцільні положення перед робочою зоною верстату. Наявність таких схем та формул дозволяє більш чітко представити час на обслуговування технологічного обладнання двозахватними роботами різного конструктивного виконання.

При визначенні неперекритого часу роботи РТК необхідно ще враховувати час відведення інструментальної головки ( $t_{pi}$ ) для утворення простору в якому відбувається процес зміни захватів місцями. Ця величина залежить від особливостей виконання двозахватного пристрою та розмірів деталей (довжини –  $l$ , діаметру –  $d$ ). Час переміщення ріжучого інструменту визначається за формулою:

$$t_{pi} = \frac{H_z}{V_z} \cdot K, \quad (3)$$

де  $H_z$  – величина вільного простору в робочій зоні верстату, яку необхідно забезпечити відведенням ріжучого інструменту;

$K$  – коефіцієнт, що враховує повний шлях на відведення інструменту і частину шляху на підведення інструменту ( $K=1.5$ );

$V_z$  – швидкість прискореного руху супорта верстату.

Проаналізуємо можливість зміни захватів місцями двозахватного портального ПР в робочому просторі токарного верстату з ЧПК (рис. 1).

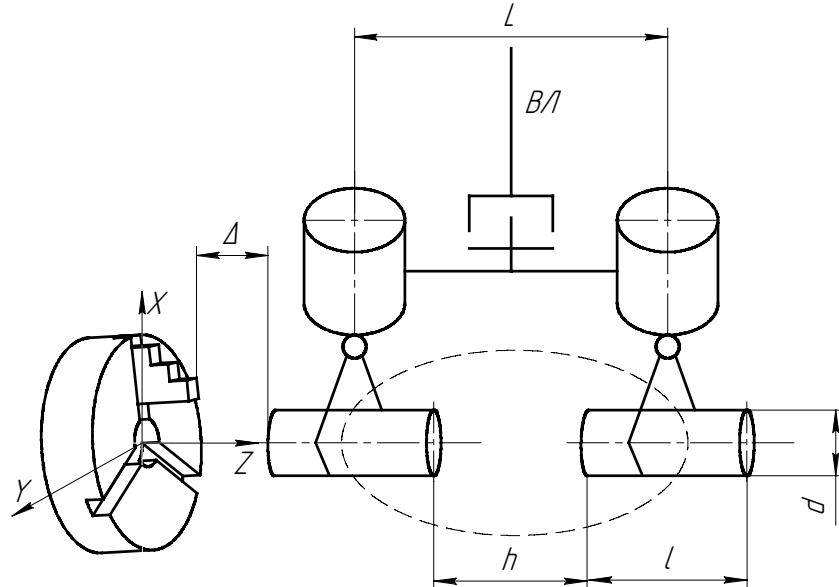


Рисунок 3 – Розрахункова схема для визначення величини необхідного простору в робочій зоні верстату

Так, величина вільного простору в напрямку вісі  $Z$  залежить від довжини деталі, що оброблюється –  $l$ , її діаметру –  $d$ , відстані між деталями –  $h$  та технологічної величини –  $\Delta$ , що необхідна для виведення деталі із затискного пристрою верстату:

$$H_z = \Delta + 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{2}d\right)^2 + \left(l + \frac{1}{2}h\right)^2}. \quad (4)$$

Максимальна відстань в напрямку осі  $X$ , визначається висотою центрів верстату і обмежується його напрямними. Вона повинна бути не менше половини діаметру оброблюваної деталі  $d$ :

$$H_{-x} = \frac{1}{2}d. \quad (5)$$

Відстань, потрібна захватам в напрямку  $Y$  залежить від довжини деталі –  $l$ , діаметру –  $d$  і відстані –  $h/2$ , і визначається як:

$$H_{-y} = \sqrt{\left(\frac{1}{2}d\right)^2 + \left(l + \frac{1}{2}h\right)^2}. \quad (6)$$

Комплексну залежність часу відведення інструментальної головки від досліджуваних параметрів (діаметру та довжини деталі) можна представити у вигляді графіка (рис. 4). Для його побудови було введено ряд сталих величин, зокрема – величина локального переміщення, для виведення і введення деталі в патрон  $\Delta = 50$  мм, відстань між деталями  $h = 20$  мм. Діапазон зміни довжини деталі від 20 до 400 мм. Діаметр змінювався в діапазоні від 10 до 200 мм.

Наявність таких залежностей дозволяє більш ґрунтовно представляти вплив розмірів транспортованих деталей та схем двозахватних пристроїв на величину часу простою верстату від часу відведення інструменту ( $t_{pi}$ ).

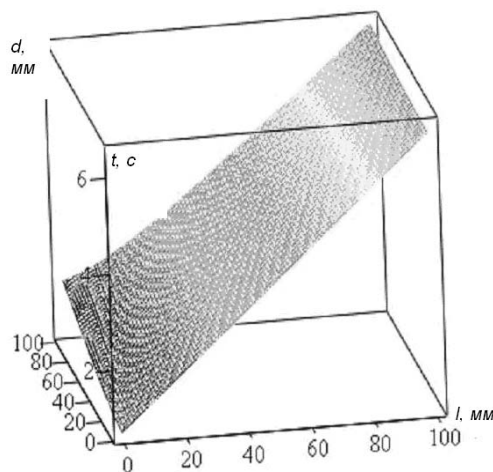


Рисунок 4 – Залежність часу відведення різцевої головки від габаритних розмірів деталі

## Висновки

1. Запропоновано використання розрахунково-компонувальних схем РТК, на основі яких можна визначити дійсну величину часу обслуговування роботом технологічного обладнання.

2. Проаналізовано умови зміни захватів місцями в робочій зоні верстату та визначені формули для розрахунку необхідної величини вільності простору в різних напрямках для типових схем двозахватних пристроїв і розмірів транспортованих деталей.

3. Досліджено вплив розмірів оброблюваних деталей та схем двозахватних пристроїв на додатковий час простоювання верстату, що пов'язаний з підведенням та відведенням ріжучого інструменту. Так, в інтервалі відношення довжини деталі до діаметру ( $l / d = 0,2 \dots 4,0$ ) для різних схем двозахватних пристроїв простоювання змінюється в межах 1.05 – 1.7 рази.

Вирішення даних питань дозволить підвищити продуктивність роботи РТК за рахунок зменшення часу простоювання обладнання завдяки можливості проведення процесу зміни захватів місцями безпосередньо в робочій зоні верстату.

## Список літератури

1. Павленко І.І., Мажара В.А. Дослідження впливу використання двозахватних пристроїв на продуктивність роботи РТК // Машиностроение и техносфера XXI века. Сборник трудов XIII международной научно-технической конференции в г. Севастополе. В 5-ти томах. – Донецьк: ДонНТУ, 2006. Т.5 – С. 282 – 287.
2. Павленко І.І. Промислові роботи: основи розрахунку та проектування. Кіровоград, КНТУ, 2007. – 420 с.
3. Павленко І.І. Структура промислових робіт. Кіровоград, 1998. – 98 с.

В данной статье предложено использование расчетно-компоновочных схем роботизованных комплексов, на основе которых можно определить действительную величину времени обслуживания роботом технологического оборудования. Также, проанализированы условия смены захватов местами в рабочей зоне станка и определены формулы для расчета необходимой величины открытости зоны станка в разных направлениях.

The use of calculation-arrangement charts of robotized complexes on the basis of which it is possible to define the actual size of time of service of technological equipment by a robot has been offered in this article. Also the terms of changing of captures in places in the working area of machine-tool and have been analysed and formulas for the calculation of necessary size of openness of area of machine-tool in various directions have been defined.